



# UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Máster en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente

TRABAJO FIN DE MASTER

## **EVALUACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN UNA FÁBRICA DE CERÁMICAS**

ALUMNO: Javier Ojosnegros Martin

TUTOR: Plácido López Encinar

Valladolid, Septiembre 2013

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>1.1. CONCEPTOS</b> .....	3
<b>1.2. MOTIVO DEL TRABAJO</b> .....	5
<b>1.3. LUGAR DE REALIZACIÓN</b> .....	5
<b>1.4. FECHA DE LAS PRÁCTICAS</b> .....	7
<b>1.5. TUTOR DE LA EMPRESA</b> .....	8
<b>1.6. TUTOR DE LA UNIVERSIDAD</b> .....	8
<b>2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</b> .....	8
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	8
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	8
<b>3. MEDIOS UTILIZADOS</b> .....	9
<b>3.1. MEDIOS MATERIALES</b> .....	9
<b>3.2. SEGURO DE CALIDAD</b> .....	11
<b>3.3. PARÁMETROS UTILIZADOS</b> .....	12
<b>3.4. MEDIOS HUMANOS</b> .....	12
<b>4. METODOLOGÍA EMPLEADA</b> .....	12
<b>4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL</b> .....	12
<b>4.2. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN</b> .....	14
<b>4.3. MÉTODOS DE CÁLCULO</b> .....	14
<b>5. RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	15
<b>5.1. ANÁLISIS DE PUESTOS DE TRABAJO</b> .....	15
<b>5.2. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN</b> .....	24
<b>6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	25
<b>6.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS</b> .....	25
<b>6.2. CRITERIOS DE VALORACION</b> .....	27
<b>6.3. ESTIMACIÓN DE LA ATENUACIÓN EFECTIVA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS</b> .....	29
<b>7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	35
<b>8. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA</b> .....	36
<b>9. CONCLUSIONES EXTRAÍDAS</b> .....	37
<b>10. REFERENCIAS</b> .....	38

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. CONCEPTOS

El **ruido** podemos definirlo de forma sencilla como <<sonido no deseado>>.

El oído humano detecta sonidos cuya frecuencia está comprendida entre 20 y 20000 Hz, e intensidad de 0 a 140 dB (por ejemplo, en una conversación habitual la frecuencia está entre 250 y 4000 Hz y la palabra se emite con una intensidad entre 30 y 70 dB (A)).

A continuación, se analizan brevemente los diferentes índices de valoración de ruido y su aplicabilidad a la valoración de las molestias producidas por el ruido sobre los trabajadores de la fábrica de cerámicas.

#### Niveles para medir el Ruido

- **Nivel de presión acústica, (Lp):** Es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz).

Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

- **Nivel de presión acústica ponderado A, (Lp<sub>A</sub>):** Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

De la misma forma que el anterior, este índice sólo nos proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

Viene dado por P<sub>A</sub>, que es el valor eficaz de la presión acústica ponderada A, en pascales.

- **Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, (L<sub>Aeq,T</sub>):** Es el nivel en dB(A) de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un período de tiempo T.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log [1 / T \cdot (\sum T_i \cdot 10L_i / 10)]$$

donde:

L<sub>i</sub> = Nivel de presión sonora (dBA) en el período "i"

T<sub>i</sub> = Duración del período "i"

T = Período de tiempo total

- **Nivel de exposición diario equivalente ponderado A, ( $L_{Aeq,d}$ ):** Es el índice utilizado para la valoración de la exposición al ruido y que figura en el Real Decreto 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.

Está definido por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot (T / 8)$$

donde:

T = Duración diaria de la exposición (horas)

$L_{Aeq,T}$  = Nivel de presión sonora equivalente en el período de tiempo T en dB(A)

Este índice proporciona información sobre el nivel de exposición al ruido del trabajador. Es útil para valorar el riesgo de pérdida de la capacidad auditiva, pero no da información sobre otras características del ruido.

- **Nivel de pico, ( $L_{pico}$ ):** Es el nivel, en decibelios, dado por la expresión: donde  $P_{pico}$  es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C y  $P_0$  es la presión de referencia ( $2 \cdot 10^{-5}$  pascales).

#### DAÑO AUDITIVO = NIVEL DE RUIDO + TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El daño auditivo se puede manifestar de las siguientes formas:

- ❖ Fatiga auditiva: Pérdida temporal de la audición, recuperable tras un periodo de no exposición al ruido.
- ❖ Hipoacusia: Pérdida funcional, de leve a moderada, de la capacidad auditiva del trabajador.
- ❖ Sordera: Pérdida de la audición que perturba la capacidad de recepción y comprensión de los sonidos. El ruido daña las células auditivas (oído interno) originando la "sordera profesional".
- ❖ Sordera conversacional: Afección de la capacidad auditiva en el rango de frecuencia conversacional, que se traduce en dificultad para escuchar la voz.
- ❖ Trauma acústico agudo: Daño coclear producido por un ruido impulsivo, único o repetitivo, de gran intensidad y corta duración.

\* Tanto la "hipoacusia" como la "sordera profesional" son lesiones progresivas que van en aumento y que dependen de la intensidad y tiempo de exposición al ruido. Además, son permanentes e irreversibles (no hay tratamiento de cura).

Asimismo, el ruido puede producir otros efectos como:

Aumento de la tensión y de la fatiga; Trastornos de la digestión, ardores, dispepsias; Molestias, nerviosismo, irritabilidad, agresividad; Aumento de la presión arterial y del ritmo cardíaco; Interferencias en la conversación; Interacciones con sustancias ototóxicas (tricloroetileno, plomo, estireno...); Interacciones con vibraciones; Interferencias con señales acústicas.

## 1.2. MOTIVO DEL TRABAJO

De las posibilidades que me han ofrecido para poder realizar el Trabajo Fin de Máster, he escogido la “*Evaluación higiénica del ruido*”.

Este trabajo me ha permitido conocer y analizar nuevas actividades en la Industria, que sin duda han mejorado mis habilidades y destrezas para poder ejercer como *Técnico Superior de Riesgos Laborales*.

## 1.3. LUGAR DE REALIZACIÓN

Las prácticas se han desarrollado en el **Centro de trabajo de la Sociedad de Prevención de FREMAP S.L.U. Valladolid**, situado en la Calle del Monasterio de Yuste, Nº 22.

La Sociedad de Prevención de FREMAP, es una empresa participada al 100% por FREMAP Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la *Seguridad Social*, que nace como “segregación” de la actividad que FREMAP como Mutua de Accidentes de Trabajo venía desarrollando como Servicio de Prevención Ajeno. La segregación de la Sociedad se produjo con efectos económicos de 1 de enero de 2005, siendo su fecha oficial de fundación el 1 de julio de 2006.

Desde su origen, la empresa ha apostado por la Investigación y Desarrollo, como uno de sus principales pilares sobre los que se sustenta el propio crecimiento de la empresa.

La Sociedad de Prevención de FREMAP es una de las empresas líderes del sector de la Prevención de Riesgos Laborales en España, cuya misión es la de eliminar o al menos, reducir los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales. Cuenta con una sólida estructura avalada por su situación económica, sus medios humanos y materiales, instalaciones y procesos a disposición de sus clientes.

Pone a disposición un servicio que protege a los trabajadores y empresarios evaluando riesgos, examinando equipos de trabajo, estableciendo una formación teórico-práctica y garantizando una vigilancia periódica de estados de salud.

Son expertos en:

- **Seguridad en el trabajo:** Conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan los accidentes de trabajo.

Se realizan visitas en el centro de trabajo para detectar los riesgos laborales a los que pueden estar expuestos los trabajadores y realizamos las actuaciones necesarias para conseguir el mejor entorno laboral.

- **Higiene industrial:** Previene la aparición de enfermedades profesionales, estudiando y modificando el medio ambiente físico, químico y biológico del trabajo.

Los técnicos realizan las mediciones básicas y determinan si son necesarios estudios específicos de otros factores (ruido, disolventes, vibraciones...). Se pone a disposición un conjunto de nuevas posibilidades que permiten llegar mucho más lejos en la protección de la salud de tus trabajadores.

Las muestras se analizan en su laboratorio, certificado por las mejores agencias mundiales. Es un referente nacional e internacional reconocido por prestigiosas acreditaciones. Es el único de Europa acreditado por la AIHA (American Industrial Hygiene Association). Garantizan unos resultados rápidos y fiables, permitiéndole ofrecer asesoramiento a técnicos y empresas en relación a riesgos biológicos y desarrollar labores de I+D.

Las áreas de actuación son:

- Laboratorio de análisis químico:
  - Cromatografía de gases o líquida
  - Microscopía óptica
  - Gravimetría
  - Espectroscopia de infrarrojos o de emisión atómica
- Laboratorio de calibración:
  - Ruido
  - Iluminación
  - Caudal
  - Temperatura y humedad
  - Equipos de medicina del trabajo
- Laboratorio biológico:
  - Ensayos: bioaerosoles (formación de técnicos, gestión de equipos de muestreo, preparación de medios, recuentos de hongos y bacterias mesófilas totales) y análisis de aguas (portabilidad, piscinas, parques acuático, costas).
  - Nuevas áreas de trabajo: Higienización de sistemas de climatización, asesoramiento para los técnicos y empresas en relación a riesgos biológicos, I+D y desarrollo de nuevos productos así como a punto de nuevas determinaciones.
  - Mejora continua de la calidad con la participación en programas de intercambio de muestras.

- **Ergonomía:** Busca cómo adaptar el puesto de trabajo y las condiciones del mismo a la persona, analizando los sistemas ambientales y las capacidades de las personas.

Los técnicos realizan informes específicos de ergonomía (carga mental, movimientos repetitivos, diseño de tareas...) y ayudan a diseñar puestos de trabajo a la medida de los trabajadores.

En función de la estructura y organización de la empresa se realizan estudios más adecuados en ergonomía que permiten llegar mucho más lejos en la protección de la salud de los trabajadores.

- **Psicosociología aplicada:** La psicosociología centra su atención en el estudio y tratamiento de los factores de naturaleza psicosocial y organizativa existentes en el trabajo y que pueden repercutir en la salud del trabajador. La empresa cuenta con personal especializado en psicosociología aplicada, con entrenamiento y práctica acreditada en evaluación de riesgos de origen psicosocial.

Alguno de los servicios:

- Evaluación y análisis de clima laboral así como cargas y estrés en el puesto de trabajo.
- Cursos y seminarios sobre los factores precipitantes y las estrategias para afrontar el estrés y las adicciones así como otras patologías.
- Evaluación de las condiciones psicosociales.
- Evaluación carga mental.

- **Medicina del trabajo:** Los médicos adaptan el reconocimiento médico laboral a cada trabajador en función de los riesgos del puesto y las condiciones de la persona. La detección temprana de daños a la salud derivados del trabajo disminuye las consecuencias del problema. Las revisiones periódicas permiten mantener un mejor control.

Cuentan con la más amplia red de centros sanitarios y más de 800 profesionales sanitarios especialistas en medicina del trabajo. Un reconocimiento médico laboral puede prevenir enfermedades graves en los trabajadores.

#### 1.4. FECHA DE LAS PRÁCTICAS

Las prácticas **comenzaron el 15 de Abril de 2013 y finalizaron el 17 de Mayo de 2013**, realizando un total de 168 horas totales, en una jornada de 7:30 a 15:30 horas de lunes a viernes.

### 1.5. TUTOR DE LA EMPRESA

El Director de la Sociedad de Prevención de FREMAP de la oficina de Valladolid:  
**Don Mariano Pacheco Martin.**

### 1.6. TUTOR DE LA UNIVERSIDAD

El Profesor de la Universidad de Valladolid y Coordinador de la especialidad de Higiene Industrial en el Máster en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente: **Dr. Plácido López Encinar.**

## 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

El trabajo tiene como objetivo general la **Evaluación de la exposición al ruido en los trabajadores de una fábrica de cerámicas.**

*Los factores que debemos tener en cuenta para conocer el daño provocado sobre los operarios son:*

- Nivel de ruido (> 85 dB(A) suponen un riesgo potencialmente peligroso).
- Tiempo de exposición.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Valoración específica del riesgo por ruido en los diversos puestos de trabajo.
- Valoración por líneas de trabajo según tiempos de exposición en cada puesto.
- Estimación de los niveles de atenuación de ruido como consecuencia de la implantación de protectores auditivos.
- Implantación de herramientas de mejora; otras acciones preventivas a tener en cuenta según los resultados de nivel de exposición.

### 3. MEDIOS UTILIZADOS

#### 3.1. MEDIOS MATERIALES

La Sociedad de Prevención de FREMAP utiliza la nueva **aplicación informática “Mger 2.0”**, que ha supuesto una herramienta imprescindible para la Evaluación de Riesgos Laborales que realizan todos sus Técnicos de Prevención.

La realización del trabajo de campo ha sido posible, gracias a las facilidades que nos ha proporcionado un equipo informático denominado **“Tablet PC”**. Esta adaptación, correspondería a un ordenador portátil con pantalla táctil, que nos facilita la escritura directa sobre el dispositivo con la utilización de un lápiz digital como elemento de entrada de datos. La elección de estos equipos partió de un detallado estudio ergonómico, siendo prioritario en la elección de los dispositivos, el peso, dimensiones y autonomía de la batería. El modelo elegido pesa aproximadamente 1,5 Kg, prácticamente la mitad que un ordenador portátil convencional, esta característica unida a las reducidas dimensiones del ordenador, y al sistema de bandolera diseñado para que los técnicos no tenga que soportar el dispositivo sobre el antebrazo, suponen una mejora ergonomía con respecto la forma tradicional de toma de datos.

Los **equipos de medición de ruido** utilizados para la toma de datos en este trabajo quedan reflejados en la siguiente tabla:

EQUIPO	Nº SERIE /INVENTARIO
Dosímetro	3 / 046401 / 1000007
Sonómetro integrador	1413580 / 136105

Tabla 1. Equipos de medición

- ❖ Para medir el Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) hemos utilizado:
  - **Sonómetros integradores-promediadores:** Podrán emplearse para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) de cualquier tipo de ruido. El Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) se calculará mediante las expresiones dadas en el punto 4 del anexo 1 (RD 286/2006).

Los sonómetros integradores-promediadores deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60804:1996 para los instrumentos de «clase 2» o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.

- **Dosímetros:** Los medidores personales de exposición al ruido (dosímetros) podrán ser utilizados para la medición del Nivel de exposición diario equivalente (LAeq,d) de cualquier tipo de ruido.

Los medidores personales de exposición al ruido deberán ajustarse a las especificaciones de la norma UNE-EN 61252:1998 o a las de cualquier versión posterior de dicha norma (como la actualización UNE-EN 61252:2005 para los instrumentos de «clase 2»).

❖ Medición del Nivel de pico ( $L_{PICO}$ )

- Los **sonómetros** empleados para medir el Nivel de pico o para determinar directamente si se sobrepasan los límites o niveles indicados en el artículo 4 deberán disponer de los circuitos específicos adecuados para la medida de valores de pico. Deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos, o ajustarse a las especificaciones establecidas para este tipo de medición en la norma UNE-EN 61672:2005 para los instrumentos de «clase 2».



Fig. 1. Sonómetro-promediador



Fig. 2. Dosímetro

\* *Los equipos han sido calibrados de acuerdo con las exigencias del Art. 6 del R.D. 286/2006, y los procedimientos de calidad de Sociedad de Prevención de FREMAP.*



Fig. 3. Calibrador acústico

Los ensayos realizados corresponden a la selección de apartados de las normas de referencia propuesta en la Orden Ministerial ITC/2845/2007 para la verificación periódica de calibraciones acústicas.

	CONDICIONES DE CALIBRACIÓN	CONDICIONES DE REFERENCIA
Tª AMBIENTE	22 ± 2 °C	23 °C
HUMEDAD RELATIVA	50 ± 10 %	50 %
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	994 ± 2 mbar	1013 mbar

Tabla 2. Condiciones de calibración

### 3.2. SEGURO DE CALIDAD

#### ➤ CERTIFICACIÓN AENOR

La Sociedad de Prevención de FREMAP, dispone de un **Sistema de Aseguramiento de la Calidad, conforme a la Norma UNE-EN-ISO 9001:2000, certificado por AENOR, con referencia ER-1707/2005**, en el que está incluido el “*Plan de calibración de los equipos de medición*”.

#### ➤ ACREDITACIÓN DE LA AIHA (Asociación Americana de Higienistas Industriales)

En la *Sede Central* se encuentran ubicados los laboratorios centrales de Higiene Industrial: Creados en 1975 dispone, entre otras, de las técnicas de espectrofotometría de emisión por plasma, cromatografía líquida, cromatografía de gases, espectrometría de masas, absorción atómica, ultravioleta visible y espectrofotometría de infrarrojos. En la actualidad se componen por un Laboratorio Químico, un Laboratorio Físico y un Laboratorio Biológico. **El Laboratorio Central de Higiene está acreditado por la AIHA, con certificado nº 524, en las áreas establecidas por el PAT PROGRAM del NIOSH** (Programa de Aseguramiento de la Calidad del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de Estados Unidos).

En la *Organización Territorial*, están a disposición de sus clientes, además de los 150 puntos de servicio, los siguientes medios: Unidades de Higiene, Calibración y Campo; y disponen de dotación completa de equipos de muestreo y medición directa para contaminantes químicos y agentes físicos. Garantizan el mantenimiento y puesta a punto de los equipos, dentro de los rigurosos estándares de calidad de la Sociedad de Prevención de FREMAP.

### 3.3. PARÁMETROS UTILIZADOS

Los parámetros utilizados en la evaluación de ruido han sido los siguientes:

- $L_{Aeq,T}$ : Nivel de presión acústica continuo equivalente, ponderado A.
- $L_{Aeq,d}$ : Nivel de exposición diario equivalente, ponderado A.
- $L_{PICO}$ : Nivel de pico máximo, expresado en dB(C).

### 3.4. MEDIOS HUMANOS

- **Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales de FREMAP**, al cual, acompañé en la visita y pude ayudar en las labores pertinentes (colocación de los equipos personales, tomas de muestras por puestos e inventario de los datos recogidos en estadillos).

- **Técnico de laboratorio**, encargado del calibrado y puesta a punto de los equipos de medida, el cual, además dedicó tiempo a explicarme el funcionamiento de dicho laboratorio, dejándome practicar con el calibrado de los aparatos, en este caso equipos de sonido, con el *calibrador acústico*.

- **Tutor de la Universidad de Valladolid**, muy atento a cualquier duda y corrección en el formato y contenido de este trabajo.

## 4. METODOLOGÍA EMPLEADA

### 4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En la evaluación de riesgos por ruido que se lleva a cabo en el presente estudio, podemos distinguir dos etapas diferenciadas, una primera etapa de toma de muestras en campo y una segunda etapa de análisis de resultados en oficina.

La primera etapa consistió en una visita a la fábrica de cerámicas con un Técnico de Prevención especialista en higiene, de modo que tomamos una serie de datos. Se instalaron dosímetros particulares en aquellos trabajadores que requerían de cierta movilidad e incluso con rotación de puestos. Por otro lado, se midieron con sonómetro los niveles de ruido existentes en determinados puestos fijos durante la manipulación de determinadas máquinas y sus procesos productivos.

Las mediciones se realizaron, siempre que fue posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono del sonómetro a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador fue necesaria, el micrófono se colocó, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia.

El número, la duración y el momento de realización de las mediciones se eligieron teniendo en cuenta que nuestro objetivo básico es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente RD. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición puede optarse por:

- a) suponer que se supera dicho límite o nivel, o
- b) incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.

En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre debe estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.

Durante las mediciones, las condiciones de trabajo fueron las habituales, sin alteración del proceso productivo. Asimismo, las actividades y exposiciones en los puestos de trabajo fueron las de una jornada laboral aparentemente normal.

*\* Hay que resaltar que, en todos los puestos se consideran 30 minutos de descanso sobre su jornada laboral, en ellos, el trabajador está expuesto solamente a 60 dB(A).*

En la segunda etapa, se realizó un informe con los datos obtenidos en la etapa anterior. Se calculó el nivel diario equivalente  $L_{Aeq,d}$  en dB(A) para cada puesto de trabajo. Bien es cierto que, durante la jornada laboral hay trabajadores que desempeñan dos puestos diferentes y que por tanto, quedan expuestos a distintos niveles de ruido.

Calculados los datos de niveles de ruido para cada trabajador, en el Artículo 5 del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se establecen unos **valores límite de exposición** que no deben sobrepasarse:

Por tanto, una vez obtenidos los resultados de los niveles diarios equivalentes en cada puesto/os de trabajo, se marcaran las **acciones preventivas pertinentes** acorde a lo indicado en el RD 286/2006.

*Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción*

A los efectos de este RD, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB(C).
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A) y  $L_{pico} = 137$  dB(C).
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A) y  $L_{pico} = 135$  dB(C).

Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:

- el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A),
- y se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.

## 4.2. ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN

Los puestos de trabajo muestreados, el número y duración de las mediciones y, el tipo de equipo utilizado, se han seleccionado de acuerdo a:

- Ficha de Datos de la empresa.
- Información aportada por los trabajadores.
- Descripción de tareas y tiempos de exposición facilitados por la empresa.
- Requisitos establecidos por el RD 286/2006 y la NT 270.

## 4.3. MÉTODOS DE CÁLCULO

Acorde al RD 286/2006, en aquellos puestos de trabajo ubicados en los lugares en los que se ha efectuado la medición y cuyo tiempo de exposición sea de 8 horas/día, el nivel diario equivalente coincide con el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A.

Sin embargo, en el caso contrario, en que el tiempo de exposición sea variable a lo largo de la jornada laboral, el nivel diario equivalente se calcula de acuerdo al Anexo I: "Definiciones" de dicho RD:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

Siendo:

- $L_{Aeq,d}$  = Nivel diario equivalente en dB(A)
- $L_{Aeq,T}$  = Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A
- T = Tiempo de exposición en h/día

Además, en el supuesto de aquellos puestos de trabajo sometidos a lo largo de la jornada laboral a distintos niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados A y a distintos tiempos de exposición, el nivel diario equivalente será el resultado de aplicar la fórmula siguiente:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{(0,1L_{Aeq,Ti})}$$

Siendo:

- $L_{Aeq,d}$  = Nivel diario equivalente en dB(A)
- $L_{Aeq,T}$  = Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, para una determinada situación ruidosa “m” durante la jornada laboral
- T = Tiempo de exposición en h/día para una determinada situación ruidosa “m”

Cualquiera de los cálculos que implican las diferentes situaciones, indican que, para un  $L_{Aeq,d} > 87$  dB(A) y  $L_{pico} > 140$  dB(C), se deben tener en cuenta las atenuaciones que proporcionan los protectores auditivos que obligatoriamente utilizan los trabajadores, estimando el nivel de ruido efectivo en el oído con el protector puesto.

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.1. ANÁLISIS DE PUESTOS DE TRABAJO

El proceso de producción de la fábrica de cerámicas ha sido clasificado en 6 puestos de trabajo. La maquinaria y los procesos empleados son variables, generalmente, basta con un operario por puesto y turno (actualmente dos turnos, ya que la situación económica del país ha obligado a reducir mucho la producción en este sector).

#### ➤ Puesto: PALISTA

#### DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Frente de extracción.

Los trabajadores que ocupan el puesto de PALISTA (1 por turno), son los encargados de extraer la tierra en los frentes, así como de abrir otros nuevos.

En esta fábrica de cerámicas y tras la verificación de los diversos permisos administrativos, ha sido aprobada la extracción de tierra de una cantera abierta al lado de la planta, de modo que, se han evitado costes con puestos como el de camionero.

De este modo, es el operario de la pala cargadora quien extrae y transporta directamente en la pala de hasta 7 toneladas, la materia prima rica en proporción de arcillas.

Su función sería la de manejar una pala excavadora/cargadora de alto tonelaje y realizar el movimiento de tierras. La tierra extraída es transportada a unos patios cubiertos, aunque abiertos al aire libre de forma lateral, para que con el reposo a la intemperie se facilite el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones.

Actualmente, se lleva a la cantera lignito con alto contenido de carbonato, para mezclarlos con la arcilla de la propia cantera (la mezcla con la arcilla representa un 5% de lignito aproximadamente). Estos lignitos aportan “potencia calorífica” a la propia masa de la pieza durante la cocción, y los carbonatos, tanto de la arcilla como del lignito, se transforman durante el proceso de cocción en CO<sub>2</sub>, haciendo que la masa de la pieza sea más ligera y por tanto más aislante, así, a parte del diseño de la pieza, se consigue la mejora térmica. Será el conductor de la pala cargadora quien ponga la arcilla mezclada con los lignitos.

Tras este proceso de maduración, será el operario de la pala cargadora quien deposite la tierra modificada en una tolva, por la que irá cayendo a un silo que dará lugar a la siguiente fase del proceso productivo.

### CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales) y el tiempo de muestreo fue de 126 minutos.

La medición se realizó con “dosímetro de ruido”.

Dadas las características del puesto, con movimiento de la pala cargadora por una amplia superficie del recinto de la empresa, se realizó un muestreo personalizado al trabajador que ocupaba el puesto en el momento de la visita.

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

### IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

Dado que el trabajador maneja la pala cargadora, es de esperar, la generación de ruido en el proceso y por tanto, la exposición a este por parte del trabajador.

## DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Exteriores de la empresa (cantera y patios semiabiertos).
- Maquinaria y herramientas empleadas: Pala excavadora y alguna herramienta manual circunstancialmente.
- Fuentes de emisión: Motor de la pala excavadora, extracción de material de la cantera.

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

### ➤ **Puesto: MOLINERO-HORNERO**

## DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Producción.

Los trabajadores que ocupan el puesto de HORNERO (1 por turno), son los encargados de la supervisión de los trabajos previos, del molino y del horno.

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima.

La arcilla transportada se deposita en un “silo”, donde hay un “desmenuzador” que reduce el tamaño de los bloques más grandes, haciendo que su tamaño no sea más grande que una pelota de tenis.

Una vez reducido el tamaño de la arcilla y hacerla apta para ser triturada por los “molinos”, se transportan mediante unas “cintas transportadoras” hacia unos silos de gran capacidad (hasta 250 toneladas). Desde este silo se dosifica regularmente, mediante unos alimentadores lineales y con cintas transportadoras, se lleva la materia prima hacia los molinos donde la transformarán en granos de polvo de 3mm como máximo.

Desde los molinos, este polvo cae por gravedad hasta unos elevadores llamados “cangilones”, que transportan la arcilla verticalmente hasta otros silos. Cuando dejan su carga, esta cae dentro de “tromeles” (cilindros horizontales en los que en su exterior se encuentra una malla y que sirve para cribar la arcilla), los cuales, se encargan de cribar la arcilla y de separar los granos de hasta 2mm, que van cayendo por gravedad, y los más grandes de 2mm van rodando por dentro de los tromeles, para caer, al final, dentro del molino otra vez, para que vuelvan a iniciar el proceso, y se puedan triturar más.

En las cintas transportadoras, que sirven para transportar la materia prima de silo a silo, hay ubicados imanes, a fin de evitar que puedan pasar elementos metálicos desprendidos de la estructura, por ejemplo.

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a una amasadora. En este proceso el polvo de arcilla se mezcla con agua, de manera precisa, y una vez uniformada la mezcla, se transporta hacia la “extrusora”, donde se colocará el molde de la pieza que se quiera fabricar.

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de un molde al final de la extrusora. El molde es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir. El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130°C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

#### (TURNO INTERMEDIO DEL GALLETERO)

Una vez que las piezas ya están diseñadas y agrupadas en pequeños paquetes, se van colocando automáticamente sobre vagonetas, paquetes sobre paquetes, en los que han de continuar su proceso hasta el final (ahora se llevarán al secadero y posteriormente al horno).

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción. Esta fase se realiza en secaderos. Se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termo-higrométricos que puedan producir fisuras localizadas. Las temperaturas en el proceso de secado llegan a los 170 °C, este aire de secado, proviene del horno, que aprovechan las temperaturas con las que se cuecen para secar las piezas.

Una vez secadas las piezas, se dirigen en vagonetas al “horno túnel”. El horno túnel puede estar equipado con quemadores de combustibles fósiles (coque de petróleo micronizado), líquido (fuel-oil) o gaseosos (gas natural). El horno túnel, tiene 3 procesos claramente diferenciados y a la vez interconectados: el primer proceso es el precalentamiento, donde a medida que las vagonetas entran dentro del horno túnel van aumentando sus temperaturas, esto sigue hasta el segundo proceso, que es la cocción, donde no se aumenta la temperatura, ya que han llegado a la máxima de 910°C, y los vagones van circulando por el horno manteniendo esta temperatura (es necesario que las piezas estén un tiempo a la misma temperatura de cocción, a fin de asegurarse que esta temperatura llegue hasta el interior de las paredes de la pieza y no se cueza solamente las partes superficiales de la misma), y el tercer paso es el enfriamiento, donde las piezas van perdiendo temperatura progresivamente. Todo este proceso dura unas 10 horas como mínimo, desde que entran al horno hasta que salen.

Entre las tareas que le son encomendadas al hornero están:

- Control del proceso de pre-elaborado (silos desmenuzadores, cintas transportadoras, molinos, cangilones, tromeles y finalmente la extrusora)
- Control de vagonetas de entrada y salida del horno.
- Control de temperatura del horno (fase más importante del proceso por su delicadeza y precisión).

### CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales), de forma habitual.

La medición se realizó con “sonómetro integrador de ruido”.

Dadas las características del doble puesto, con desplazamiento del operario haciendo seguimiento y control del proceso en ambas máquinas, se realizó un muestreo en los dos lugares donde el operario trabajaba, por un lado en el molino y por otro en el horno.

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

### IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

El doble puesto de trabajo queda expuesto al ruido generado por varias máquinas durante proceso, expuesto constantemente a diferentes niveles de emisión, por un lado el pre-tratamiento y moldeado, y por otro, al secado y horneado.

### DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Nave industrial cerrada.
- Maquinaria y herramientas empleadas: Moldeadora y Horno, y ocasionalmente herramienta manual.
- Fuentes de emisión: Cintas transportadoras, caída de material por gravedad en silos y motores de diversas máquinas (transbordador, moldeadora, horno)

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

➤ **Puesto: GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR**

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Producción.

Los trabajadores que ocupan el puesto bajo el epígrafe GALLETERA (1 por turno), son los encargados de la supervisión del trabajo en la extrusora.

(PROCESO INTERMEDIO ENTRE MOLDEADO Y HORNEADO)

La extrusora saca una barra de manera continua, que un cortador primario se encarga de ir cortando a la medida deseada (120 cm). Estas barras, ya cortadas, se agrupan de 2 en 2, y entran en otro cortador que los empuja a través de unos hilos de hierro, que las cortan a las medidas comerciales, y las 2 puntas, los restos de las barras, caen en una cinta que las vuelve a transportar a la amasadora, incorporándolas otra vez al proceso.

Entre las tareas que le son encomendadas están:

- Recogida de restos de material defectuoso tras el corte de la extrusora.
- Manejo de los mandos desde la plataforma de la galletera.
- Carga de material transportado hacia el horno.

CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales), de forma habitual.

La medición se realizó con “sonómetro-integrador de ruido”.

Dadas las características del puesto, no se consideró necesario realizar muestreo personal al trabajador que ocupaba el puesto, ya que se trata de un puesto que no supone movilidad por distintas áreas y al que sólo se le asigna el control del proceso desde la plataforma de la galletera.

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

El puesto queda determinado por el trabajo que se realiza desde la plataforma de la galletera, concretamente con el manejo de los mandos, muy cerca del proceso de cortado y por lo tanto, expuesto al ruido generado en este proceso.

## DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Nave industrial cerrada.
- Maquinaria y herramientas empleadas: Mandos de la extrusora y herramienta manual circunstancialmente.
- Fuentes de emisión: Traqueteo de los ladrillos, motores de máquinas cercanas como el horno y especialmente el de la extrusora.

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

### ➤ **Puesto: DESAPILADO**

#### DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Producción.

Los trabajadores que ocupan el puesto bajo el epígrafe DESAPILADO (2 por turno), son los encargados del proceso de apilado de los ladrillos en palets.

Una vez salen del horno túnel, el “transbordador” (máquinas que transportan las vagonetas por las diferentes vías de trabajo) se encarga de llevar las vagonetas a la vía de descarga.

El operario de la descarga de las vagonetas, realiza un control superficial de la calidad de los ladrillos para observar si existen roturas, grietas o similares (se considera que alrededor del 1% de los ladrillos son rechazados para su venta como ladrillos debido a grietas, se hayan cocido poco o demasiado, etc.)

Durante el proceso de apilado, se descargan las piezas mediante unas pinzas y se colocan encima de palets de madera.

Este control se lleva a cabo desde la consola situada en la plataforma de apilado, por la que pasan todos los ladrillos que son agrupados; desde esta posición se ocupa de manejar los comandos de la apiladora y de comprobar visualmente que el proceso se lleva a cabo de una manera correcta (no se rompen ladrillos, el apilado es lineal, etc.).

#### CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales), de forma habitual.

La medición se realizó con “sonómetro-integrador de ruido”.

Dadas las características del puesto, no se consideró necesario realizar un muestreo personal al trabajador que ocupaba el puesto, ya que se trata de un puesto que no supone movilidad por distintas áreas y al que sólo se le asigna el control del proceso desde la plataforma de apilado (esporádicamente puede bajar de la plataforma para recolocar algún palet)

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

### IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

El puesto refleja el trabajo del operario desde la plataforma de la apilado, concretamente con los mandos, por lo que es de esperar la generación de ruido como consecuencia tanto de los motores de la apiladora como del golpeteo de los ladrillos entre si y contra las superficies.

### DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Nave industrial cerrada.
- Maquinaria y herramientas empleadas: Apiladora y alguna herramienta manual circunstancialmente.
- Fuentes de emisión: Motor de la apiladora, roce entre los ladrillos al colocarlos sobre el palet.

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

#### ➤ **Puesto: CARRETILLERO**

### DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Transporte.

Los trabajadores que ocupan el puesto de CARRETILLERO (1 por turno), son los que tienen encomendada la misión de mover el producto acabado; manejando una carretilla elevadora autopropulsada, se encargan de situar los palets con los ladrillos acabados en las partidas correspondientes.

### CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales) y el tiempo de muestreo fue de 123 minutos.

La medición se realizó con “dosímetro de ruido”.

Dadas las características del puesto, con movimiento de la carretilla por una amplia superficie del recinto de la empresa, se realizó un muestreo personalizado al trabajador que ocupaba el puesto en el momento de la visita.

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

### IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

Dado que el trabajador maneja la carretilla, es de esperar, la generación de ruido en el proceso y por lo tanto, la exposición a este por parte del trabajador.

### DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Nave industrial cerrada y exteriores de la empresa.
- Maquinaria y herramientas empleadas: Carretilla elevadora y alguna herramienta manual circunstancialmente.
- Fuentes de emisión: Motores de máquinas en funcionamiento, motor de combustión de la propia carretilla y el golpeteo de los ladrillos transportados.

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

#### ➤ **Puesto: PALETIZADO**

### DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Sección → Producción.

Los trabajadores encargados del puesto de PALETIZADO (1 por turno), son los encargados de recibir los palets con los ladrillos y de plastificarlos.

El trabajo supone el control de mandos de la plastificadora, así como de su mantenimiento primario.

### CONDICIONES DEL MUESTREO

La medición se llevó a cabo durante la realización de las tareas habituales en el puesto de trabajo evaluado.

El tiempo de exposición fue de 8 horas/día (40 horas/semanales), de forma habitual.

La medición se realizó con “sonómetro-integrador de ruido”.

Dadas las características del puesto, no se consideró necesario realizar un muestreo personal al trabajador que ocupaba el puesto, ya que se trata de un puesto que no supone movilidad por distintas áreas y al que sólo se le asigna el control de la paletizadora.

No cabe destacar ninguna incidencia significativa durante el muestreo.

### IDENTIFICACIÓN DE LAS EXPOSICIONES POTENCIALES

El puesto implica la plastificación del palet de ladrillos agrupados con la paletizadora, de ese modo se facilita su mejor conservación y transporte, constituyendo ruidos potenciales los transmitidos por dicha máquina y el plastificado al envolver las cerámicas.

### DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Factores de exposición:

- Configuración del lugar de trabajo: Nave industrial cerrada.
- Maquinaria y herramientas empleadas: Paletizadora y alguna herramienta manual circunstancialmente.
- Fuentes de emisión: Motores de las máquinas en funcionamiento, motor de la paletizadora y el rechinar en el plástico durante su proceso de plastificado.

No consta la exposición a agentes ototóxicos en el ambiente laboral.

## **5.2. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN**

Los riesgos higiénicos analizados afectaran al conjunto de trabajadores relacionados en las lista de ámbitos expuestos, recogidos en el Anexo I.

*\* Para mayor precisión de la medición, se ha decidido que en aquellos puestos en que se ha evaluado el nivel de riesgo con sonómetro, se hayan tomado 3 muestras para garantizar la exactitud de los datos, ya que la medición con dosímetro da un resultado más cercano a las condiciones reales a las que está expuesto el trabajador, que lo lleva puesto encima durante varias horas, aproximándose a una jornada laboral de 8 horas (descontando en ambos casos, los 30 minutos correspondientes al descanso, asemejando aun más la situación exacta a la realidad).*

Nº Reg.	Áreas de trabajo	Puestos de trabajo	Tiempos de exposición (h/jornada)	$L_{Aeq,t}$ dB(A)	$L_{PICO}$ dB(C)
1	AREA 1	PALISTA	7:30	81,8	128,2
2	AREA 2	MOLINERO	3:45	82,5	105,3
				82,6	
				81,5	
4	AREA 2	HORNERO	3:45	83,3	105,4
				82,2	
				82,2	
3	AREA 3	GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR	7:30	80,7	102,1
				82,3	
				82,6	
5	AREA 4	DESAPILADO	7:30	81,7	101,7
				81,3	
				80,0	
6	AREA 5	CARRETILLERO	7:30	79,8	135
7	AREA 6	PALETIZADO	7:30	81,3	99,9
				82,2	
				82,3	

Tabla 3. Resultados de la medición

## 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 6.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

En la siguiente tabla, se han tomado los datos obtenidos de los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados A ( $L_{Aeq,t}$ ) y se han obtenido los datos medios de las tres mediciones en el caso de los puestos de trabajo medidos con sonómetro integrador de ruido.

Además, en la penúltima columna, se aprecian los resultados obtenidos del cálculo del nivel diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ), a través de las fórmulas descritas en la metodología empleada en el apartado 4.3.

Nº Reg.	Áreas de trabajo	Puestos de trabajo	Tiempos de exposición (h/jornada)	$L_{Aeq,t}$ dB(A)	$L_{Aeq,t}$ (media) dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)	$L_{PICO}$ dB(C)
1	AREA 1	PALISTA	7:30	81,8	81,8	81,5	128,2
2	AREA 2	MOLINERO	3:45	82,5	82,2	82,1	105,4
				82,6			
				81,5			
4	AREA 2	HORNERO	3:45	83,3	82,6		
				82,2			
				82,2			
3	AREA 3	GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR	7:30	80,7	81,9	81,6	102,1
				82,3			
				82,6			
5	AREA 4	DESAPILADO	7:30	81,7	81,0	80,7	101,7
				81,3			
				80,0			
6	AREA 5	CARRETILLERO	7:30	79,8	79,8	79,5	135,0
7	AREA 6	PALETIZADO	7:30	81,3	81,9	81,6	99,9
				82,2			
				82,3			

Tabla 4. Tratamiento de los resultados

## 6.2. CRITERIOS DE VALORACION

La valoración de los resultados obtenidos en el apartado anterior se ha realizado acorde a los criterios marcados por el RD 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

En el artículo 5, quedan establecidos los **valores límite de exposición**, que no deben sobrepasarse. Además, el artículo indica unos valores de exposición (superiores e inferiores) que dan lugar a una acción. Estos niveles pueden verse reflejados en la siguiente tabla:

Art. 5 (RD 286/2006)	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Valores límite de exposición	87 dB(A)	140 dB(C)
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción	85 dB(A)	137 dB(C)
Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción	80 dB(A)	135 dB(C)

Tabla 5. Criterios de valoración

Atendiendo a los niveles de presión acústica medidos, se pueden caracterizar los diferentes puestos de trabajo evaluados, en función de los valores a los que están expuestos:

### ➤ Puesto: PALISTA

#### DOSÍMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,t}$	$L_{Aeq,t (medio)}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Conductor de Pala	7,5	81,8		81,5	128,2
<b>GLOBAL</b>	7,5			<b>&gt; 80</b>	<b>&lt; 135</b>

Tabla 6. Valores de exposición: PALISTA

➤ **Puesto: MOLINERO-HORNERO**SONÓMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T(\text{medio})}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Operario de Horno	7,5	82,5		82,1	105,3
		82,6			
		81,5			
Propias de Operario de Molino		83,3			105,4
		82,2			
		82,2			

<b>GLOBAL</b>	7,5			> 80	< 135
---------------	-----	--	--	------	-------

Tabla 7. Valores de exposición: MOLINERO-HORNERO➤ **Puesto: GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR**SONÓMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T(\text{medio})}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Operario de Galletera	7,5	80,7		81,6	102,1
		82,3			
		82,6			

<b>GLOBAL</b>	7,5			>80	<135
---------------	-----	--	--	-----	------

Tabla 8. Valores de exposición: GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR➤ **Puesto: DESAPILADO**SONÓMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T(\text{medio})}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Operario de Apiladora	7,5	81,7		80,7	102,1
		81,3			
		80,0			

<b>GLOBAL</b>	7,5			>80	<135
---------------	-----	--	--	-----	------

Tabla 9. Valores de exposición: DESAPILADO

➤ **Puesto: CARRETILLERO**DOSÍMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,t}$	$L_{Aeq,t}$ (medio)	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Carretillero	7,5	79,8		79,5	135,0
<b>GLOBAL</b>	7,5			< 80	> 135

Tabla 10. Valores de exposición: CARRETILLERO➤ **Puesto: PALETIZADO**SONÓMETRO

TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$ (medio)	$L_{Aeq,d}$	$L_{PICO}$
Propias de Operario de Plastificado	7,5	81,3		81,6	99,9
		82,2			
		82,3			
<b>GLOBAL</b>	7,5			> 80	< 135

Tabla 11. Valores de exposición: PALETIZADO**6.3. ESTIMACIÓN DE LA ATENUACIÓN EFECTIVA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS**

Según lo establecido en los artículos 8 y 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención y en el artículo 4 del R.D. 286/2006, a continuación se relacionan las **Medidas Preventivas** que serán objeto de planificación, las cuales se deberán integrar dentro de la planificación general de la empresa con el fin de eliminar o controlar y reducir los riesgos evaluados.

En la siguiente tabla, se establecen las acciones preventivas a considerar, en función de los niveles diarios equivalentes y/o los niveles de pico que se registren en los distintos puestos de trabajo evaluados en el presente trabajo:

ACCIONES PREVENTIVAS (RD 286/2006)	Nivel diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ )			
	$\leq 80$ dB(A)	Valores inferiores que dan lugar a una acción $> 80$ dB(A) y/o $> 135$ dB(C) de $L_{PICO}$	Valores superiores que dan lugar a una acción $> 85$ dB(A) y/o $> 137$ dB(C) de $L_{PICO}$	Valores límite de Exposición $> 87$ dB(A) y/o $> 140$ dB(C) de $L_{PICO}$
Información y formación a los trabajadores y/o sus representantes		Sí (1)	Sí	Sí
Evaluación de la exposición al ruido		Mínimo cada 3 años (2)	Mínimo anualmente	Mínimo anualmente
<b>Protectores auditivos individuales</b>		Disposición para todo el personal expuesto	Disposición, suficiencia y uso obligado por los expuestos (3)	Disposición, suficiencia y uso obligado por los expuestos
Señalización de las zonas de exposición			Sí (acceso restringido si es viable)	Sí (acceso restringido si es viable)
Control médico auditivo		Sí (cuando exista riesgo para la salud; mínimo cada 5 años)	Sí (mínimo cada 3 años)	Sí (mínimo cada 3 años)
Programa técnico/organizativo para reducir la exposición al ruido			Sí	Sí
Reducción inmediata exposición al ruido y actuación para evitar nuevas sobreexposiciones Informar a los delegados de prevención				Sí (con protector insuficiente o sin protector que atenúe por debajo de los límites de exposición)

Tabla 12. Acciones preventivas (RD 286/2006)

- (1) Se informará y formará a los trabajadores cuando  $L_{Aeq,d} \geq 80$  dB(A) y/o  $L_{pico} \geq 135$  dB(C).
- (2) Se evaluará la exposición al ruido mínimo cada tres años si  $L_{Aeq,d} > 80$  dB(A).
- (3) Se utilizarán protectores auditivos cuando  $L_{Aeq,d} \geq 85$  dB(A) y/o  $L_{pico} \geq 137$  dB(C).

A través de la NTP 638 quedan descritos los procedimientos normalizados para estimar la reducción de ruido que se pueden conseguir, con el uso de un determinado protector auditivo, tal como se describen en la norma UNE EN ISO 4869 acústica.

Es importante que el trabajador entienda que para que los protectores auditivos hagan su función correcta, deben utilizarse durante todo el tiempo de exposición, ya que la eficacia disminuye de forma exponencial al disminuir el tiempo de uso del protector.

Por ello, hay que destacar la importancia que tiene la formación y las instrucciones que se deben dar a los trabajadores para que éstos se encuentren motivados para la utilización de estos protectores, ya que, si se reduce el tiempo de utilización, se reduce su eficacia

Los protectores auditivos (orejeras o tapones) están sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI).

La prestación más importante de los EPI's, es la atenuación que proporcionan. Esta, es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación. Los correspondientes datos sobre la atenuación, deben figurar en el folleto informativo que el fabricante adjunta al protector auditivo. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

El objetivo del cálculo es la obtención de la protección que ofrece un protector auditivo, denominada reducción predicha del nivel de ruido (PNR), y del valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L_A'$ ), cuando se utiliza el protector en un ambiente caracterizado por un nivel de presión sonora  $L_A$ . La relación entre ellos es:

$$\text{PNR} = L_A - L_A' \quad (1)$$

Se definen por otra parte los siguientes parámetros pertenecientes al protector auditivo:

- Atenuación a alta frecuencia (H), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = - 2$  dB.
- Atenuación a media frecuencia (M), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = + 2$  dB.
- Atenuación a baja frecuencia (L), representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = + 10$  dB.
- Índice de reducción único (SNR), es el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado C ( $L_C$ ) para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L_A'$ ).
- Protección asumida ( $APV_f$ ) de un protector es un valor, por banda de octava, obtenido de restar del valor medio de atenuación por banda de octava ( $m_f$ ), en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica ( $\sigma$ ) obtenida en dichos ensayos.

$$APV_f = m_f - \sigma \quad (2)$$

El valor de  $APV_f$  así calculado es la atenuación de que se dispondrá con una probabilidad del 84% o, lo que es lo mismo, es la atenuación de que dispondrán, 84 de cada 100 personas que lo utilicen. Si se desea aumentar la eficacia de la atenuación al 95% se utilizará  $APV_f = m_f - 1,64\sigma$ .

Los otros valores de eficacia de atenuación se indican en la tabla siguiente:

Eficacia de protección (%)	Protección asumida (dB)
75	$APV_f = m_f - 0,67\sigma$
80	$APV_f = m_f - 0,84\sigma$
84	$APV_f = m_f - 1,00\sigma$
85	$APV_f = m_f - 1,04\sigma$
90	$APV_f = m_f - 1,28\sigma$
95	$APV_f = m_f - 1,64\sigma$
99,5	$APV_f = m_f - 2,58\sigma$

Tabla 13. Porcentaje de protección y protección asumida de un protector auditivo

Dado que el valor de  $APV_f$  interviene en el cálculo de PNR, H, M, L y SNR, es básico conocer el porcentaje de eficacia utilizado. Habitualmente, la eficacia es del 84%.

- La información que suministra el folleto informativo de los protectores auditivos incluye los valores de H, M, L, SNR y  $APV_f$  para las octavas de frecuencia central entre 63 y 8000 Hz.
- Los valores de H, M y L, que son independientes del ruido ambiental, se calculan a partir del comportamiento del protector ( $APV_f$ ) respecto a ocho espectros de ruido, diferentes y normalizados.
- El valor del índice de ruido único (SNR) se obtiene para cada protector a partir de la protección asumida  $APV_f$  y el efecto que ésta tiene sobre un ruido rosa (ruido que entre otras características posee iguales niveles de presión acústica en todas las octavas) cuyo espectro está normalizado. Por este motivo el SNR es independiente del ruido ambiental.

El primer paso para evaluar la atenuación de un protector auditivo es realizar mediciones para conocer los niveles de ruido.

Los modelos más sencillos de cálculo de atenuación requieren los valores  $L_{Aeq,d}$  y  $L_{Ceq,d}$ , esto es, nivel diario equivalente con ponderación A y C.

La mayoría de los fabricantes europeos especifican para sus protectores:

- la Atenuación Media en dB obtenida en el ensayo de certificación.
- la Desviación Típica en dB obtenida en el ensayo.
- la Protección conferida en dB para cada banda de octava, que es el valor medio menos la desviación típica

### **Método de H, M y L**

Se ha decidido utilizar este método, que requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores de H, M y L del protector auditivo. Se calcula el valor de PNR según la diferencia entre  $L_C$  y  $L_A$  de la siguiente manera:

Si la diferencia  $L_C - L_A \leq 2$  dB se utilizara la expresión (3), en caso de  $L_C - L_A \geq 2$  dB, la expresión (4):

$$\text{PNR} = M - 4 * (L_C - L_A - 2) \quad \text{(3)}$$

$$\text{PNR} = M - ((M-L) / 8) * (L_C - L_A - 2) \quad \text{(4)}$$

El valor resultante de  $L_A'$  debe redondearse al entero más próximo.

Atendiendo a los niveles de exposición de todos los puestos de trabajo evaluados, se observa que todos llegan a superar los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_A > 80$  dB(A) y  $L_{PICO} \leq 135$  dB(C).

Si hacemos referencia como medida preventiva a la implantación de protectores acústicos, entenderemos que, en función de los niveles de ruido medidos, el trabajador tendrá disposición de utilizarlos pero no le serán obligatorios en ningún momento.

<b>PUESTO DE TRABAJO</b>	<b><math>L_{Aeq,d}</math> dB(A)</b>	<b><math>L_{Aeq,d}</math> dB(C)</b>
PALISTA	81,5	93,3
MOLINERO-HORNERO	82,1	90,4
GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR	81,6	89,1
DESAPILADO	80,7	87,7
CARRETILLERO	79,5	91,0
PALETIZADO	81,6	86,9

Tabla 14. Niveles diarios equivalentes con ponderación A y C

<b>Protector auditivo / Datos de atenuación del protector</b>	<b>Tapón MEDOP RUN RUN</b>	<b>Orejera MEDOP RUMOR IV</b>
<b>H</b>	23 dB	32 dB
<b>M</b>	19 dB	22 dB
<b>L</b>	17 dB	13 dB

Tabla 15. Niveles de atenuación de los protectores (alta, media y baja frecuencia)

PUESTO DE TRABAJO	Nivel global efectivo estimado en el oído ( $L_A'$ )		Nivel de atenuación global del protector acústico (PNR)	
	Tapón	Orejera	Tapón	Orejera
PALISTA	65,0	70,5	16,6 dB	11,0 dB
MOLINERO-HORNERO	64,7	67,2	17,4 dB	14,9 dB
GALLETERA, CORTADOR Y CARGADOR	64,0	65,8	17,6 dB	15,8 dB
DESAPILADO	62,9	64,3	17,8 dB	16,4 dB
CARRETILLERO	62,9	68,2	16,6 dB	11,3 dB
PALETIZADO	63,5	63,3	18,1 dB	18,3 dB

Tabla 16. Niveles de presión sonora efectivos ponderados ( $L_A'$ )

El **nivel de exposición efectivo** ( $L_{Aeq,d}'$ ) es el nivel diario equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,d}$ ) menos la protección conferida por el protector (PNR).

Si tomamos de referencia como nivel de acción 80 dB, el objetivo del protector es garantizar un nivel de exposición efectivo por debajo de 80 dB.

- × Si este nivel efectivo de exposición está **por encima de 80 dB la protección se considera insuficiente.**
- × Si este nivel efectivo de exposición está **por debajo de 65 dB representa una atenuación excesiva** puesto que pueden camuflarse sonidos importantes para la operación que se está realizando: alarmas, máquinas, etc.
- ✓ **La protección es ideal cuando el nivel efectivo de exposición se encuentra entre 70 y 75 dB.**

## 7. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

He descrito en profundidad los resultados obtenidos y voy a comentar la interpretación de algunos de ellos:

Los resultados indicaban que los niveles diarios equivalentes ( $L_{Aeq,d}$ ) son mayores de 80 dB(A) o bien que, los niveles de pico ( $L_{PICO}$ ) son mayores de 135 dB(C), por lo que, en ambos casos, se superarían los valores inferiores de exposición en todos los puestos de trabajo estudiados.

Como consecuencia de los resultados obtenidos, se deberá tomar alguna acción preventiva en todos los puestos evaluados, según indicaciones de la Tabla 12 de acciones preventivas (RD 286/2006):

- Información a los trabajadores sobre los riesgos de la exposición a ruido, los resultados de la evaluación de la exposición a ruido, medidas preventivas y utilización de los equipos de protección individual.
- Formación a los trabajadores sobre los riesgos de la exposición a ruido, medidas preventivas y utilización de equipos de protección individual, en los términos recogidos en el artículo 9 del RD 286/2006 y los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995.
- Suministro de protección auditiva a disposición de los trabajadores expuestos mientras se ejecute el programa de medidas técnicas y hasta que se pueda alcanzar un nivel de exposición inferior al del valor inferior de exposición de acción.
- Realización de un control médico auditivo obligatorio cuando exista riesgo para la salud (mínimo cada 5 años).

Con estas medidas de acción sería suficiente siempre y cuando, los niveles de exposición no aumenten de valor en futuras revisiones de la evaluación del ruido, en cuyo caso, obligaría al empresario a tomar otras medidas obligatorias.

El presente trabajo, después de analizarlo y comentarlo, nos ha permitido obtener algunas conclusiones que a continuación comentaré.

## 8. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

La viabilidad técnica es realizable, pues se cuenta con material y métodos suficientes, al amparo de la legislación.

Dada la confidencialidad, no tenemos los costes ofrecidos por la empresa, pero si que podemos hacer la estimación de las consultas efectuadas a posteriori:

- Las mediciones en campo han necesitado 10 minutos para tomar 3 muestras con sonómetro por puesto y otros 5 minutos de desplazamientos por cambio de puesto de trabajo. En el caso de los dosímetros, se ha necesitado al menos 120 minutos de medición sobre el propio operario y otros 5 de desplazamientos por cambio de puesto.

Como se han analizado 4 puestos con sonómetros, eso nos da 40 minutos de medición y 20 minutos de desplazamientos. Y en el caso del dosímetro, se han analizado 2 puestos, en los que se ha colocado los dos dosímetros por un tiempo aproximado de 120 minutos, y que a su vez lo hemos planificado para que se solaparan entre ellos y con los sonómetros después, ya que se colocaron los primeros antes y así, reducir costes a la empresa y hacer nuestro trabajo más eficiente.

Luego, si nos fijamos en los tiempos reales que han estado puestos los dos dosímetros (123 minutos el puesto de “palista” y 126 minutos el puesto de “carretillero”) y sumamos 10 minutos de desplazamientos, nos sale que el tiempo total dedicado a las mediciones de ruido en la fábrica fue de 136 minutos (aproximadamente 2,3 horas de trabajo efectivo).

- La realización del informe escrito ha llevado 8 horas de trabajo.

Luego si el total de horas dedicadas ha sido de 10,3 horas de trabajo y la hora se factura a 70 €, **el coste económico de dicha evaluación es de 721 €.**

Se incluye en el precio los siguientes servicios:

- Desplazamiento para la toma de mediciones.
- Toma de muestras in situ.
- Equipos de medición y calibración.
- Material utilizado.
- Personal técnico necesario.
- Análisis de los resultados en laboratorio.

## 9. CONCLUSIONES EXTRAÍDAS

1. El riesgo higiénico frente al ruido se ha detectado en todos los puestos de trabajo analizados.
2. Los niveles de exposición diarios cuantificados nos ha permitido evaluar el riesgo como “bajo”.
3. En todos los puestos de trabajo estudiados, los niveles de ruido se encontraban por encima del “valor inferior”, que ya da lugar a una acción.
4. Los protectores auditivos se encuentran a disposición de los trabajadores, pero sin la exigencia obligatoria de ponérselos, por ello, se les debe razonar el riesgo para que los utilicen.
5. Las orejeras, como medio de protección frente a otros ofrecidos por la empresa, se manifestaron en nuestro estudio como los de mayor eficacia.
6. En los puestos de “desapilado” y “paletizado”, se aconsejaron otro tipo de protectores, pues al reducir en exceso los niveles, reincrementa el riesgo de sufrir accidentes.
7. La información y formación relativa al riesgo higiénico por ruido es una medida preventiva imprescindible en estos trabajadores.
8. Se deben de realizar controles médicos cada cinco años, si no hubiera circunstancias que aconsejen una mayor frecuencia.
9. Este trabajo lo he valorado como muy positivo para mi formación.

## 10. REFERENCIAS

- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido)
- Ley 31/1995, de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 286/2006, sobre la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Norma UNE-EN-ISO 4869-2, sobre acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos.
- Guía Técnica de “Exposición de los trabajadores al ruido”
- INSHT:
  - NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.
  - NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.
  - NTP 17: Protectores auditivos. Atenuación en dB A
- Información proporcionada por la Sociedad de Prevención FREMAP de Valladolid: “Recomendaciones básicas de Seguridad y Salud en la exposición laboral al Ruido”; “Recomendaciones básicas en utilización de Equipos de Protección auditiva”.
- Apuntes del Máster de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente de la Universidad de Valladolid. Curso 2012-2013.
- “Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad e higiene en el trabajo”, de José María Cortés Díaz.